

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 燃焼排ガス中の炭酸ガスを低温で固化・分離する燃焼排ガスの処理方法であって、回収した固化物を加熱及び加圧することにより液体CO₂に転換することを特徴とする燃焼排ガスの処理方法。

【請求項 2】 固化物をスクリュウ型押し出し機構により圧縮・加圧することを特徴とする請求項 1 の燃焼排ガスの処理方法。

【請求項 3】 入口部に対して出口部の直径が小さい円錐形状を有する筒内に設けた回転軸を回転することにより、供給する固化物を圧縮・加圧することを特徴とする請求項 1 または 2 の燃焼排ガスの処理方法。

【請求項 4】 回転式仕切弁により隔離された高压部に固化物を供給した後、当該固化物を加熱することにより液化することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかの燃焼排ガスの処理方法。

【請求項 5】 燃焼排ガス中の炭酸ガスを低温で固化・分離する燃焼排ガスの処理装置であって、回収した固化物を加熱及び加圧することにより液体CO₂に転換する装置を設けたことを特徴とする燃焼排ガスの処理装置。

【請求項 6】 固化物を圧縮・加圧するスクリュウ型押し出し機構を含むことを特徴とする請求項 5 の燃焼排ガスの処理装置。

【請求項 7】 入口部に対して出口部の直径が小さい円錐形状を有する筒内と、該筒内に設けた回転軸を備えたことを特徴とする請求項 5 または 6 の燃焼排ガスの処理装置。

【請求項 8】 回転式仕切弁により隔離された高压部と、該高压部を加熱する手段を含むことを特徴とする請求項 5 ないし 7 のいずれかの燃焼排ガスの処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、燃焼排ガスの処理方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、液化天然ガス（本明細書中では、LNGともいう）を燃料とした発電所の建設が推進されている。ここで、従来、約-160℃の低温のLNGをガス燃料として使用する際に、LNGより温度が高い空気あるいは海水を使用して必要な気化熱を得てLNGを気化させている。この方法では、LNGにより冷却された空気あるいは海水をそのまま放出しており、回収された低温の液化エネルギーの損失となっている。一般に、天然ガスを液化するには、膨大な液化エネルギーが必要である。しかし、LNGの消費地である発電所等では、このような液化エネルギーを有効に活用していなかった。

【0003】 一方、大気中へ放出された炭酸ガス（本明細書中では、液体状のものまたは固体状のものの場合にはCO₂、ドライアイス等のように表現する）の約半分

は海洋等に吸収される。また、海洋等の水系及び大気中の炭酸ガスは、生物系の光合成によって消費される。このように、本来、海洋等への吸収、光合成によって、大気中の炭酸ガス量は、過度に増大しないようにバランスが保たれていた。しかし、近年燃焼排ガス量が驚異的に増大し、本来のバランスが崩れて、大気中の炭酸ガス量が増加している。このため、いわゆる温室効果によって、大気温度が上昇する傾向があり、問題となっている。この対策として、排ガス中の一部の炭酸ガスを濃縮し、これをガス状、液状または固体状（ドライアイス）で分離・回収することが検討されている。しかし、未だ実用化されていない。すなわち、例えば、排ガス中の炭酸ガスをガス状で分離する方法として、膜分離法があるが、発電所等の大容量のガス処理には設備のスケールアップ、コスト等の解決されるべき問題点があった。

【0004】 そこで、本願発明者らは、前記課題を解決する方法及び装置を特願平10-192635号で提案した。この発明では、燃焼排ガスからLNG冷熱を有効利用して、排ガス中の水分をアイスとして固化・分離した後に、さらに排ガス中の炭酸ガスをドライアイスとして固化・分離することとしている。しかし、回収した炭酸ガスを工業規模で貯留し、さらにその運搬性を向上する技術がさらに望まれていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記事情に対して、本発明は、LNGの冷熱を有効利用して、排ガス中の炭酸ガスをドライアイスとして固化・分離した後にさらに取り扱い上の便を改善し、地球環境を汚染することなく、エネルギー循環を行いやすくし、しかも工業上有益な燃焼排ガスの処理方法及び装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明に係る燃焼排ガスの処理方法は、燃焼排ガス中の炭酸ガスを低温で固化・分離する燃焼排ガスの処理方法であって、回収した固化物を加熱及び加圧することにより液体CO₂に転換することを特徴とする。また、本発明は、別の側面として、燃焼排ガスの処理装置であり、燃焼排ガス中の炭酸ガスを低温で固化・分離する燃焼排ガスの処理装置であって、回収した固化物を加熱及び加圧することにより液体CO₂に転換する装置を設けたことを特徴とする。

【0007】 本発明に係る燃焼排ガスの処理方法または装置では、その実施の形態において、固化物をスクリュウ型押し出し機構により圧縮・加圧するようにすることができる。また、本発明は、その実施の形態において、入口部に対して出口部の直径が小さい円錐形状を有する筒内に設けた回転軸を回転することにより、供給する固化物を圧縮・加圧するようにすることができる。この回転軸は、好適にはスクリュウである。さらに、本発明

は、その実施の形態において、回転式仕切り弁により隔離された高圧部に固化物を供給した後、当該固化物を加熱することにより液化するようにすることができる。

【0008】

【発明の実施の形態】以下に添付図面に示した実施の形態を参照しながら、本発明に係る燃焼排ガスの処理方法及び装置を説明する。図1は、本発明に係る燃焼排ガスの処理装置について、その一実施の形態を概観した概念図である。まず、この概念図を参照して、この実施の形態に係る装置及び該装置を使用した方法の全体について説明する。

【0009】ボイラ1から排出される燃焼排ガスは、ライン2を経て熱交換器3で海水あるいは工業用水により室温程度まで冷却される。そして、燃焼排ガスは、ライン4を経て、気液分離器5に送られる。冷却の際凝縮した燃焼排ガス中の水分は、この気液分離器5において分離された後、ライン6から排出される。凝縮水を分離した燃焼排ガスは、ライン7を経て低温熱交換器8でさらに水分が凝結しないように約5℃程度に冷却される。その後、燃焼排ガスは、ライン9を経て気液分離器10送られ、ここでライン11側に凝縮水を分離される。その後、燃焼排ガスは、ライン12を経てさらに低温のアイスクリスタライザー13に供給される。

【0010】アイスクリスタライザー13は、約-40～-50℃程度まで冷却されており、ここで燃焼排ガス中の残留水分の大半がアイスとして固化・分離され、アイスは、ライン14を経て排出される。水分を除去された燃焼排ガスは、ライン15を経て炭酸ガス固化装置16に供給される。ここで、燃焼排ガスは約-135℃以下に冷却され、排ガス中の炭酸ガスはドライアイスとして固化する。ドライアスを混合した排ガスは、ライン17を経て固気分離器18に導かれ、燃焼排ガスとドライアイスに分離され、燃焼排ガスはライン19を経て排出される。燃焼排ガスから分離されたドライアイスは、ライン20を経て炭酸ガス液化装置21に導かれ、ここで圧縮・加圧されて液体CO₂となり、ライン22を経て貯槽23に貯蔵される。上記炭酸ガス液化装置21は、本発明の特徴部分を構成する。

【0011】ドライアイス分離後、ライン19に排出された低温の燃焼排ガスは、熱交換器33、32及び31を経て、各々図中に矢印で示したように、炭酸ガス固化装置16、アイスクリスタライザー13、低温熱交換器8との間で熱回収された後、放出される。一方、燃料であるLNGは、ライン34から供給される。LNGは、熱交換器35で炭酸ガス固化装置16に冷熱を回収されてガス化された後、ライン36を経てボイラ1に供給される。

【0012】次に、本発明の特徴部分である炭酸ガス液化装置21について、その実施の形態を説明する。図2は、この炭酸ガス液化装置21について、スクリュウ型

押し出し機構を用いたものの実施の形態を説明する。図において、加圧・液化装置51、サイクロン52及び液化炭酸貯蔵槽53が示されている。加圧・液化装置51は、炭酸ガス液化装置21、サイクロン52は、固気分離器18、液化CO₂貯蔵槽53は、貯槽23に各々対応している。さらに、図3に、加圧・液化装置51を詳細に示す。この装置51は、スクリュウ型押し出し機構を備えている。この機構は、入口から出口に向かって直径が減少する円錐型容器54内に回転するスクリュウ55を配設した構成となっている。また、この円錐型容器54の外筒壁面は二重円筒構造になっており、ライン56から低温冷媒（約-30℃）が供給され、ライン57から排出されるようになっている。すなわち、約-135℃のドライアスを約-30℃程度まで加熱することができるようになっている。

【0013】図2、図3に示す実施の形態では、まず、炭酸ガス固化装置16からのドライアスを、サイクロン52により燃焼排ガスと分離する。そして、このドライアスをライン58を経て加圧・液化装置51のホッパー59に一次貯留する。さらに、ホッパー59からドライアスを下部に移動し、スクリュウ型押し出し機構に送り込む。この機構内では、スクリュウ55の回転に伴って、ドライアイスが出口側に送られると共に、スクリュウ55と円錐型容器54との壁面間にドライアイスが押し込まれ、加圧される。約8 kg/cm²以上に加圧することが好適である。一方、ドライアイスは、供給される冷媒によって、約-135℃から約-20～40℃好適には約-30℃程度まで加熱する。このような加圧・加熱作用によって、ドライアイスは液体CO₂に転換される。液化CO₂は、ライン60を経て下部の液化炭酸貯蔵槽53に導かれ、貯蔵される。

【0014】別の炭酸ガス液化装置21の実施の形態を図4に示す。この実施の形態は、高圧部に固化物（ドライアイス）を供給した後、これを加熱することによって液化するようにした加圧・液化装置100を採用している。この加圧・液化装置100は、ホッパー101と、ライン103を経て接続する高圧部とを回転式仕切り弁102によって区切っている。回転式仕切り弁102は、上部仕切り弁102aと下部仕切り弁102bとから成る。これらの仕切り弁102a、bは、いずれか一方が開放しているときに、他方が閉じられ、両方が一度に開放することがないようになっている。これによって高圧部の圧力を保つ。高圧部の圧力は、約8 kg/cm²以上が好適である。高圧部は、三重点溶融器104を含む。この三重点溶融器104は、熱媒体105を供給される。このように、加圧・加熱状態が保たれることによって、三重点溶融器104内は、気体・液体・固体の三相が共存する三重点（-56.6℃，5.28kg/cm²，図5参照）の状態もしくはその近傍に保持される。

【0015】さらに、この加圧・液化装置100は、ボ

ンプ106及び気化器108を含む。この加圧・液化装置100では、ホッパー101に供給されたドライアイスは、回転式仕切弁102により、ライン103を経て加圧された三重点溶融器104に供給される。この三重点溶融器104内に供給されたドライアイスは、三重点もしくはその近傍に調整されることにより、液化部分と固化部分とを生じる。したがって、一部は、ポンプ106によりライン107を経て気化器108により高純度の炭酸ガスとして利用される。また、一部は、液体CO₂としてライン109から抜き出すことも可能である。

【0016】

【実施例】実施例1

図1ないし図3に示す装置により回収されたドライアイスを使用して、ドライアイスの液化処理を行った。その結果を表1に示す。本実施例に示すように、回収したドライアイスを容易に液化CO₂に転換することができた。

【0017】

【表1】

条 件	試験-1	試験-2	試験-3	試験-4	試験-5
冷媒温度(℃)	-43	-35	-21	-18	-16
ドライアイス供給温度(℃)	-137	-135	-138	-141	-139
圧 力(kg/cm ²)	17	26	37	39	45
液化率(%)	100	100	100	100	100

【0018】実施例2

図4に示す構造の装置を使用して、回収されたドライアイスを使用して、ドライアイスの液化処理を行った。その結果を表2に示す。本実施例に示すように、回収した

ドライアイスを容易に液化炭酸に転換することができた。

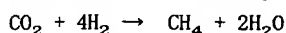
【0019】

【表2】

条 件	試験-1	試験-2	試験-3	試験-4
熱媒温度(℃)	-48	-45	-51	-49
ドライアイス供給温度(℃)	-137	-135	-138	-141
圧 力(kg/cm ²)	8.2	8.8	8.1	7.3
液化率(%)	100	100	100	100

【0020】以上の実施の形態及び実施例について説明したように、LNG冷熱の有効利用により回収したドライアイスは、さらに液化CO₂にすることにより、比重が大きくなり、工業規模における搬送・貯蔵が有利となる。なお、炭酸ガスを加圧して液化・分離する方法がある。この方法では、炭酸ガスを加圧すると液化することを利用する。例えば、純粋な炭酸ガスの圧力を40kg/cm²にすると約-55～10℃の範囲で液体となる。しかしながら、排ガス中の炭酸ガスの分圧が低いためにガスを直接高圧にする必要があり、しかも加圧には余分の電力が必要である。また、加圧装置になると設備費も上昇する。したがって、炭酸ガスを液体で回収するよりも、大気圧でLNGの余剰冷熱を有効利用する本発明のシステムの方が工業上有効である。

【0021】ところで、炭酸ガスは、水素と以下の触媒反応によりメタンになる。



一方、水素は、太陽熱利用水電解や石油のリフォーミング等で発生する。一般に、天然ガスの産地は油田に近く、水素の利用も容易である。そこで、固化・分離した液化CO₂の工業規模での再利用方法の例として、メタン合成用原料とすることもできる。このような用途に資するCO₂の取得方法または装置としても本発明は有効

【0022】

【発明の効果】上記したところから明らかなように、本発明によれば、LNGの冷熱を有効利用して、排ガス中の炭酸ガスをドライアイスとして固化・分離した後さらに取り扱い上の便を改善し、地球環境を汚染することなく、エネルギー循環を行いやすくし、しかも工業上有益な燃焼排ガスの処理方法及び装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る燃焼排ガスの処理装置について、その一実施の形態を概観した概念図である。

【図2】炭酸ガス液化装置について、スクリー型押し出し機構を用いたものの実施の形態を説明する概念図である。

【図3】図2の装置の加圧・液化装置を詳細に示す拡大図である。

【図4】炭酸ガス液化装置の他の実施の形態を示す概念図である。

【図5】図4の実施の形態に関連して示すCO₂の状態図である。

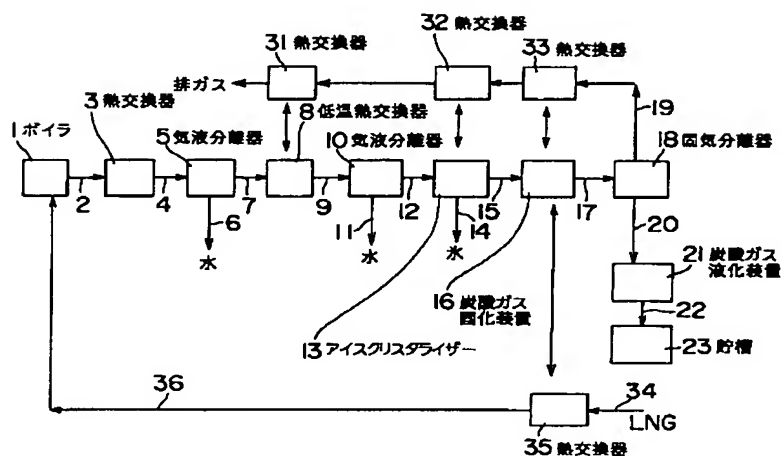
【符号の説明】

- 1 ボイラ
- 5、10 気液分離器

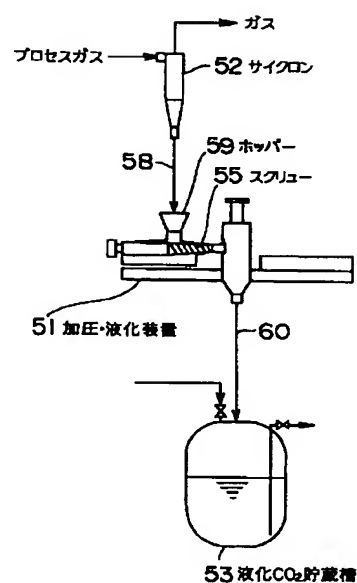
3、8、16 熱交換器
 13 アイスクリスタライザー
 16 炭酸ガス固化装置
 18 固気分離器
 21 炭酸ガス液化装置
 23 貯槽
 31、32、33、35 熱交換器
 51 加圧・液化装置
 52 サイクロン
 53 液化貯蔵

54 円錐型容器
 55 スクリュー
 59 ホッパー
 100 加圧・液化装置
 101 ホッパー
 102 回転式仕切弁
 104 三重点溶融器
 105 熱媒体
 106 ポンプ
 108 気化器

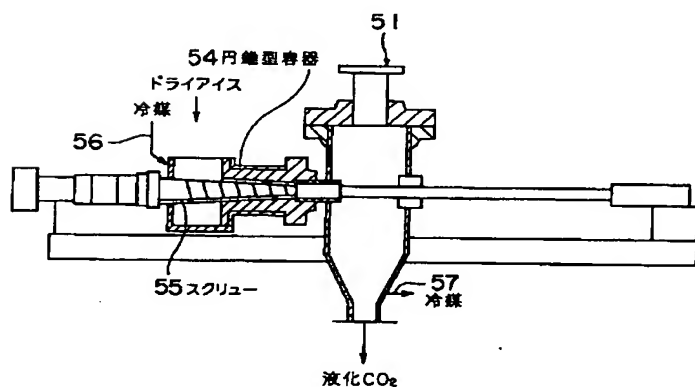
【図1】



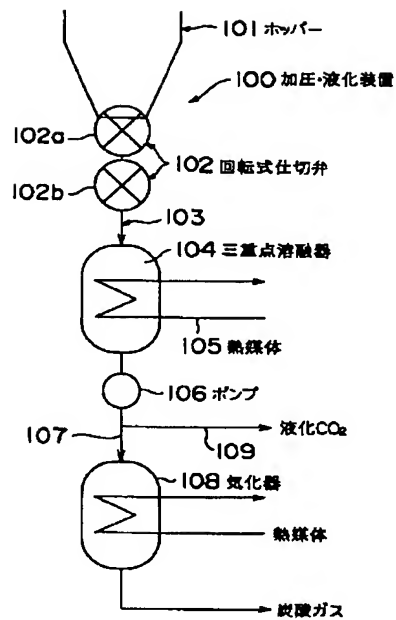
【図2】



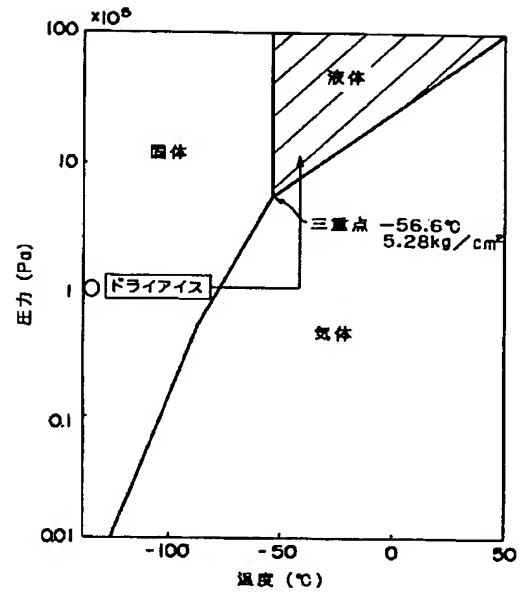
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 藤原 淳
 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力
 株式会社内
 (72)発明者 竹内 善幸
 広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号
 三菱重工業株式会社広島研究所内

(72)発明者 常岡 晋
 長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工
 業株式会社長崎造船所内
 Fターム(参考) 4D002 AA09 AC10 BA12 BA20 FA10
 4G075 AA02 AA04 BB10 CA02 CA05
 CA65 CA66 DA01 EA06 EB01

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.